

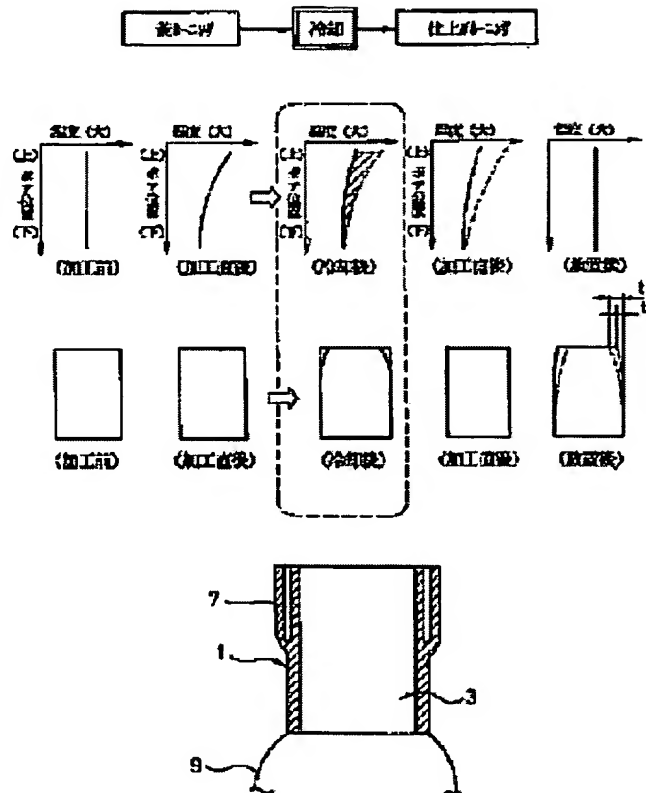
HONING MACHINING METHOD AND HONING MACHINING DEVICE

B2

Patent number: JP7308854
 Publication date: 1995-11-28
 Inventor: KATSU MASAHIKO
 Applicant: NISSAN MOTOR
 Classification:
 - international: B24B33/02; B24B33/10
 - european:
 Application number: JP19940101188 19940516
 Priority number(s): JP19940101188 19940516

Abstract of JP7308854

PURPOSE: To improve machining accuracy of cylinder bore inner surface without requiring equipment that may incur heavy increase in cost. **CONSTITUTION:** In honing machining method of cylinder bore 3 inner surface, temperature difference between a high temperature and a low temperature parts of the cylinder bore 3 immediately after finish machining becomes smaller, as compared with the case of no cooling process, by adding the cooling process between rough machining and finish machining, and after leaving it, the difference of shrinkage amount t_1 in the lowered temperature condition is not large on the cylinder bore as a whole, while roundness error of the cylinder bore inner surface is little.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-308854

(43) 公開日 平成7年(1995)11月28日

(51) Int. Cl.⁵

B 2 4 B 33/02
33/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-101188

(22) 出願日 平成6年(1994)5月16日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 勝 雅彦

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

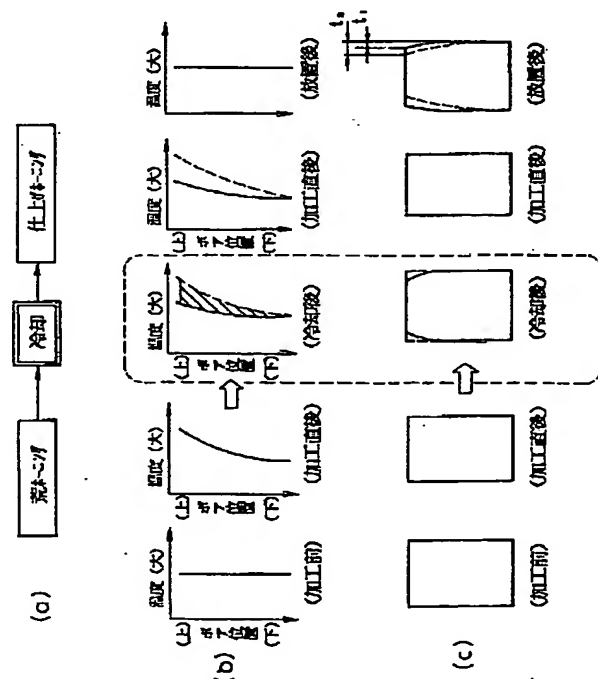
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外 8 名)

(54) 【発明の名称】 ホーニング加工方法及びホーニング加工装置

(57) 【要約】

【目的】 大きなコストアップを招くような設備を必要とすることなく、シリンダボア内面の加工精度を向上させる。

【構成】 シリンダボア内面に対するホーニング加工方法において、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に、冷却工程を付加することで、仕上げ加工直後のシリンダボアにおける高温度部と低温度部との温度差は、冷却工程がない場合に比べて小さくなり、放置後、温度が下がった状態での収縮量もシリンダボア全体で大きな差は発生せず、シリンダボア内面の真円度の誤差が少ないものとなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被加工物の円筒内面を砥石が取付けられたホーニングヘッドの回転によって研削加工するホーニング加工方法において、前記円筒内面に対する荒加工工程と仕上げ加工工程との間に、前記円筒内面を冷却する冷却工程を付加したことを特徴とするホーニング加工方法。

【請求項2】 荒加工後、円筒内面の加工部位によって発生する高温部と低温部との温度差 Δt が、熱膨張率を α 、円筒内の直径を d [mm]として、 $\Delta t \leq 0.01 / (\alpha \times d)$ の関係となるまで冷却することを特徴とする請求項1記載のホーニング加工方法。

【請求項3】 被加工物の円筒内面を砥石が取付けられたホーニングヘッドの回転によって研削加工するホーニング加工装置において、砥石と砥石が取付けられるホーニングヘッド本体との間に、ホーニングヘッドの外周側が開口している冷却液流路を形成したことを特徴とするホーニング加工装置。

【請求項4】 冷却液流路は、砥石に対しホーニングヘッドの回転方向前方側に位置し、砥石の冷却液流路と反対側の部位は、ホーニングヘッド本体に接触していることを特徴とする請求項3記載のホーニング加工装置。

【請求項5】 ホーニングヘッドを円筒内に挿入する際のガイドとなるガイドリングを設け、このガイドリングに前記冷却液流路に冷却液を供給するための冷却液供給流路を設け、冷却液流路の流路断面積は、前記冷却液供給流路の流路断面積より大きく形成されていることを特徴とする請求項3または4記載のホーニング加工装置。

【請求項6】 冷却工程は、砥石と砥石が取付けられるホーニングヘッド本体との間に、ホーニングヘッドの外周側が開口している冷却液流路を設けたホーニングヘッドを用いることを特徴とする請求項1記載のホーニング加工方法。

【請求項7】 冷却工程は、冷却液流路の上端が、ホーニングヘッドを円筒内に挿入する際のガイドとなるガイドリングに設けた冷却液供給流路の流出口より上方に位置する状態で、冷却液を冷却液供給流路から冷却液流路に供給しつつホーニングヘッドを回転させることを特徴とする請求項6記載のホーニング加工方法。

【請求項8】 荒加工工程及び仕上げ加工工程のうち少なくとも荒加工工程に、砥石と砥石が取付けられるホーニングヘッド本体との間に、ホーニングヘッドの外周側が開口している冷却液流路を設けたホーニングヘッドを用いて冷却を行うことを特徴とする請求項1記載のホーニング加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、被加工物の円筒内面を砥石が取付けられたホーニングヘッドの回転によって研削加工するホーニング加工方法及びホーニング加工装

置に関する。

【0002】

【従来の技術】ホーニング加工は、円筒内面を有する例えばエンジンのシリンダブロックにおけるシリンダボアの最終精密仕上げ加工に用いられるもので、回転及び上下動する円柱状のホーニングヘッドの周囲には、上下方向に長い砥石が周方向に沿って複数取付けられている。複数の砥石は、ホーニングヘッドに対して半径方向に移動可能であり、円筒内面に対して所定の拡張圧力が付与された状態でホーニング加工が行われる。

【0003】上記したようなホーニング加工においては、被加工物や砥石などの冷却を行う必要があり、例えば特開昭61-270070号公報には、ホーニング加工の際に、シリンダボアの熱膨張を抑制するために、シリンダボアの外周側に設けられたウォータジャケット内に冷却液を供給する方法が開示されている。

【0004】上記公報記載の技術は、シリンダブロック上面のウォータジャケット開口部を蓋体で覆った状態で、シリンダブロックの幅方向側面の外壁に設けた孔からポンプなどを用い配管を通して冷却液を供給し、供給された冷却液は、シリンダブロック前後の外壁に設けた排出孔から排出される。このようにしてウォータジャケット内に冷却液を供給しながらシリンダボアに対するホーニング加工を行う。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ウォータジャケットはシリンダボアの全周にわたり設けられているわけではなく、特に浅底あるいはサイアミーズタイプのシリンダブロックでは、シリンダボア周囲の一部に設けられるのが一般的である。このため、前述したようなウォータジャケットに冷却液を供給してシリンダボアを冷却する従来のホーニング加工では、シリンダボアの冷却は全周にわたって均一にできず、冷却される部分と冷却されない部分との温度差が大きくなり、加工終了後放置し温度低下した状態でのシリンダボア形状が、テーパや楕円などとなって真円度に対する誤差が大きくなりやすく、加工精度が低下するという問題がある。また、上記従来のホーニング加工では、ウォータジャケット開口部を覆う蓋体や、ウォータジャケットに冷却液を供給するためのポンプや配管などを、被加工物であるシリンダブロック側に設ける必要があるなど、設備が大掛かりとなり、多大なコストアップを招くことになる。

【0006】そこで、この発明は、大きなコストアップを招くような設備を必要とすることなく、円筒内面の加工精度を向上させることを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、この発明は、第1に、被加工物の円筒内面を砥石が取付けられたホーニングヘッドの回転によって研削加工するホーニング加工方法において、前記円筒内面に対す

る荒加工工程と仕上げ加工工程との間に、前記円筒内面を冷却する冷却工程を付加した加工方法としてある。

【0008】第2に、第1の方法において、荒加工後、円筒内面の加工部位によって発生する高温部と低温部との温度差 Δt が、熱膨張率を α 、円筒内の直径を d [mm]として、 $\Delta t \leq 0.01 / (\alpha \times d)$ の関係となるまで冷却する方法としてある。

【0009】第3に、被加工物の円筒内面を砥石が取付けられたホーニングヘッドの回転によって研削加工するホーニング加工装置において、砥石と砥石が取付けられるホーニングヘッド本体との間に、ホーニングヘッドの外周側が開口している冷却液流路を形成した構成としてある。

【0010】第4に、第3の構成において、冷却液流路は、砥石に対しホーニングヘッドの回転方向前方側に位置し、砥石の冷却液流路と反対側の部位は、ホーニングヘッド本体に接触している構成としてある。

【0011】第5に、第3または第4の構成において、ホーニングヘッドを円筒内に挿入する際のガイドとなるガイドリングを設け、このガイドリングに前記冷却液流路に冷却液を供給するための冷却液供給流路を設け、冷却液流路の流路断面積は、前記冷却液供給流路の流路断面積より大きく形成されている構成としてある。

【0012】第6に、第1の方法において、冷却工程は、砥石と砥石が取付けられるホーニングヘッド本体との間に、ホーニングヘッドの外周側が開口している冷却液流路を設けたホーニングヘッドを用いる加工方法としてある。

【0013】第7に、第6の方法において、冷却工程は、冷却液流路の上端が、ホーニングヘッドを円筒内に挿入する際のガイドとなるガイドリングに設けた冷却液供給流路の流出口より上方に位置する状態で、冷却液を冷却液供給流路から冷却液流路に供給しつつホーニングヘッドを回転させる加工方法としてある。

【0014】第8に、第1の方法において、荒加工工程及び仕上げ加工工程のうち少なくとも荒加工工程に、砥石と砥石が取付けられるホーニングヘッド本体との間に、ホーニングヘッドの外周側が開口している冷却液流路を設けたホーニングヘッドを用いて冷却を行う加工方法としてある。

【0015】

【作用】第1の方法によれば、荒加工工程終了時に、円筒内面を有する被加工物の加工部位によって高温部と低温部とが発生している場合に、冷却工程にて被加工物を冷却すると、前記高温部と低温部との温度差が小さくなり、この状態で仕上げ加工を行えば、仕上げ加工終了直後の被加工物は加工部位による温度差が小さく抑えられ、このため、放置後、温度が下がった状態での収縮量が全体で大きな差は発生せず、円筒内面の真円度の誤差が少ないものとなる。

【0016】第2の方法によれば、荒加工後、高温部と低温部との温度差 Δt が、 $0.01 / (\alpha \times d)$ 以下となるまで冷却すると、仕上げ加工前の熱膨張が所定値以下に抑えられ、その分仕上げ加工における加工精度が向上する。

【0017】第3の構成によれば、砥石とホーニングヘッド本体との間の冷却液流路に冷却液が保持され、この状態でホーニングヘッドを回転させることで、冷却液流路内の冷却液は円筒内面全体に行きわたって円筒内面の温度差が低減されるとともに、発熱が生じる砥石回りを冷却液にて強制的に冷却でき、加工中の熱発生が低減される。

【0018】第4の構成によれば、ホーニングヘッドの回転により、供給された冷却液は、砥石とホーニングヘッド本体との間に効果的に取り込めるとともに、砥石は、ホーニングヘッドの回転方向後方側が、ホーニングヘッド本体に接触しているため、安定して保持されることになる。

【0019】第5の構成によれば、ホーニングヘッドにおける冷却液流路の流路断面積は、冷却液供給流路の流路断面積に比べて充分大きく形成されているので、冷却液流路内には多量の冷却液が保持され、円筒内面及び砥石の冷却効果がより高いものとなる。

【0020】第6の方法によれば、荒加工工程終了時に、円筒内面の加工部位によって高温部と低温部とが発生している場合に、冷却工程にて、冷却液流路を備えたホーニングヘッドを用いて円筒内面を冷却すると、冷却液は円筒内面全体に行きわたって加工部位による温度差がより小さくなる。

【0021】第7の方法によれば、冷却液供給流路の流出口から流出して冷却液流路に流入する冷却液は、冷却液流路内からホーニングヘッドの回転に伴って円筒内面の全体に行き渡り、またこのとき砥石が洗浄され、砥石の目詰まりなどが解消される。

【0022】第8の方法によれば、荒加工工程に、冷却液流路を備えたホーニングヘッドを用いて冷却を行うと、円筒内面が効果的に冷却されると同時に、発熱が生じる砥石回りが多量の冷却液にて冷却される。

【0023】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づき説明する。

【0024】図1(a)は、この発明の一実施例を示すホーニング加工方法における加工工程図であり、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に冷却工程を設けてある。このホーニング加工は、図2に示すように、被加工物であるエンジンのシリンダブロック1における円筒内面を有するシリンダボア3の内面を、ホーニングヘッド5を用いて研削加工するものである。シリンダブロック1は、シリンダボア3の上部周囲にウォータジャケット7が形成され、下端部にはスカート部9を有している。

5

【0025】ホーニングヘッド5の外周部には、周方向に沿って複数の砥石11が設けられている。この砥石11は、上方から油圧シリンダなどによる拡張圧力Pが付与されるテーパコーン13の下降によりシュー15を介してシリンダボア3の内面に対し所定の押付け圧力で押付けられ、この状態でホーニングヘッド5が回転及び上下動することにより、シリンダボア3の内面を研削加工する。

【0026】荒加工工程では、拡張圧力Pを高めに設定し、砥石11によるシリンダボア3の内面への加工時での押付け圧力を高めた状態で行って単位時間当たりの研削量を多くする。一方、仕上げ加工工程では、荒加工とは逆に拡張圧力Pを低く設定し、砥石11によるシリンダボア3の内面への加工時での押付け圧力を低くした状態で行って単位時間当たりの研削量を少なくし、加工径の安定化を図る。

【0027】図1(b)はシリンダボア3の上下方向に沿った温度変化を、図1(c)はそのときのシリンダボア3の内面形状をそれぞれ示しており、これら各図は共に、荒加工工程での加工前及び加工直後、冷却工程後、仕上げ加工工程での加工直後及び放置後でのものをそれぞれ順に示している。

【0028】荒加工工程では、シリンダボア3の温度は、図1(b)に示すように、加工前には上下方向に沿って一定であるとし、加工直後には上部側程高くなっている。これは上部側がシリンダボア3の開放端であり、下部側にはスカート部9が連続して形成されていることから、上部側が熱容量が小さく、下部側が熱容量が大きいためである。このときのシリンダボア形状は、加工前、加工直後共に軸方向(上下方向)に沿ってほぼ同一径である。

【0029】冷却工程では、拡張圧力Pを零もしくは小さくした状態でホーニングヘッド5を回転させつつ、シリンダボア3の内面とホーニングヘッド5との間に、油性の切削液などの冷却液を供給するなどしてシリンダボア3を冷却する。冷却後のシリンダボア3の温度分布は、図1(b)に示すように、冷却工程がない場合の破線の状態から実線の状態となり、上下方向の温度差が小さくなる。このときのシリンダボア3の内面形状は、上部側程温度の低下量が大きいので、これに伴い上部側程収縮量が多く、このため冷却後のシリンダボア形状は、図1(c)に示すように、上端部付近の直径が他の部位に比べて小さいものとなる。冷却工程がない場合には、上端部付近は破線で示すように他の部位とほぼ同等の直径が維持されている。

【0030】上記冷却工程では、シリンダボア3の上部における最高温度 T_{max} と、同下部における最低温度 T_{min} との温度差 Δt が、シリンダボア3の熱膨張率を α 、直径を d [mm]として、 $\Delta t \leq 0.01 / (\alpha \times d)$ の関係となるまで冷却する。これにより、次の仕上

6

げ加工前のシリンダボア3の熱膨張が $10 \mu m$ 以下となり、その分仕上げ加工精度が向上することになる。熱膨張が $10 \mu m$ を越えると、エンジンとして音、振動のレベルが顕著になる。

【0031】次に、仕上げ加工工程に移行するが、この加工終了直後でのシリンダボア3の温度分布は、図1(b)に示すように、その前工程で冷却を行ったことにより、実線で示すように上下でそれほど大きな差は発生していない。このときのシリンダボア3の内面形状は、冷却後の上端側の小径部位が削除され、図1(c)に示すように、上下方向に沿って一定の直径となっている。

【0032】このように、上部側の温度が若干ではあるが他の部位より高いものの、温度差はそれ程大きくないので、仕上げ加工終了後シリンダブロック1を放置し、その温度が低下して図1(b)に示すように、温度分布が荒加工前と同様上下方向に沿って均一になっても、シリンダボア3の内面形状は、図1(c)の実線で示すように、上部側の収縮量は他の部位に比較してそれ程多いものではない。この結果、下端と上端との内径差 t_1 は極めて小さいものとなり、小さなテーパ形状で真円度の誤差が少なくなり、加工精度が向上したものとなる。

【0033】これに対し、冷却工程がない場合の仕上げ加工直後の温度分布は、図1(b)の破線で示すように、荒加工直後での上下の温度差よりさらに大きくなっている。この状態から、シリンダブロック1を放置し、その温度が低下して上下の温度差が解消された状態になると、仕上げ加工直後での上部側の温度が下部側に比べてかなり大きいので、上部側の収縮量も図1(c)の破線で示すように大きくなり、下端と上端との内径差 t_2 は大きく、大きなテーパ形状を呈するものとなる。

【0034】このように、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に冷却工程を付加することで、ホーニング加工終了後のシリンダボア内面の加工精度が向上し、シリンダボアの真円度の誤差が少なくなる。この場合、シリンダボア3の内面とホーニングヘッド5との間に冷却液を供給するという冷却工程を、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に設けるだけであるので、冷却のための大掛かりな設備などは不要であり、大きなコストアップが伴うこともない。

【0035】図3及び図4は、冷却工程での冷却効率を向上させるようにしたホーニングヘッドの構造を示している。このホーニングヘッド17は図示しないホーニング盤本体に設けられており、ホーニングヘッド17は、前記図2と同様に、ホーニングヘッド本体19内に挿入されて拡張圧力Pが付与される主軸21に設けられた二つのテーパコーン23と、テーパコーン23の下降によってシリンダボア3の内面に向けて押付けられ円周方向に複数(ここでは6つ)配置されたシュー25と、シュー25の外周面に装着されシリンダボア3の内面を研削加工する図中で上下方向に長い直方体状の砥石27とを

備えている。

【0036】このようなホーニングヘッド17は、テーパコーン23及びシュー25によって、砥石27がシリンダボア3の内面に所定の拡張圧力Pに基づく押付圧力で押付けられた状態で、図示しない上下シリンダ及びモータを駆動源として上下動すると同時に回転しながらホーニング加工を行う。

【0037】図4は、図3のA-A断面図であり、ホーニングヘッド17は図中で矢印Bで示す方向に回転するものとする。このようなホーニングヘッド17のホーニングヘッド本体19は、シュー25及び砥石27が挿入されてシリンダボア3の内面に対して接近離反する方向に摺動する溝29が上下方向に延長して形成され、これにより本体19はシュー25が挿入される部位にて円周方向に6つに分割されている。

【0038】ホーニングヘッド本体19の6つに分割された分割部位それぞれは、砥石27に隣接する回転方向前方側の角部がカットされ、これにより前記溝29は砥石27側のホーニングヘッド外周側が広がる形状を呈し、この広がった部位が、ホーニングヘッド17の外周側が開口している冷却液流路31となる。冷却液流路31には、砥石27の一方の側面が露出するとともに、シュー25の砥石27に隣接する側の側面も露出しており、このため冷却液流路31の流路面積は充分大きなものと言える。

【0039】ホーニングヘッド本体19の上下両端には、円盤状の上端板33及び下端板35が設けられている。上端板33及び下端板35は、ボルトなどにより固定されるか、あるいは上端板33が前記分割部位と一体化して下端板35のみがボルト締結される構成でよい。上端板33の外周面33aはホーニングヘッド本体19の外周面19aとほぼ同位置にあるが、下端板35の外周面35aはホーニングヘッド本体19の外周面19aより若干内側に位置し、これにより冷却液流路31内の冷却液が下方に流出しやすくなる。

【0040】シリンダブロック1の上方の前記図示しないホーニング盤本体には、ホーニングヘッド17をシリンダボア3内に挿入する際のガイドとなるガイド孔37を備えたガイドリング39が配置されている。ガイドリング39は、相互に固定されたアッパプレート41とロアプレート43とを備え、ロアプレート43の内周側からアッパプレート41の下部内周側にわたる位置にはリング部材45が嵌め込まれている。このため、前記ガイド孔37は、リング部材45の内周面とアッパプレート41の内周面とで構成されることになる。

【0041】リング部材45の上部側外周には、全周にわたり凸部47が形成され、この凸部47の外周面とガイド孔37の下部との間におけるリング部材45には、冷却液供給流路49が貫通して形成されている。冷却液供給流路49は、円周方向に複数設けられており、その

一つの流路面積は、ホーニングヘッド17側に設けた一つの冷却液流路31の流路面積より小さく形成されている。

【0042】一方、リング部材45における凸部47の外周面に対向する部位のアッパプレート41には冷却液供給溝51が形成され、この冷却液供給溝51に前記冷却液供給流路49の凸部47における流入口49aが連通している。また、図示していないが、アッパプレート41には、一端が冷却液供給溝51に連通し、他端がアッパプレート41の外部に開口する冷却液導入路が形成されており、この冷却液導入路の外部への開口部には冷却液配管が接続され、ポンプなどにより冷却液が冷却液配管を通して冷却液導入路に送られる。

【0043】次に、上記したようなホーニングヘッド17を用いたホーニング加工方法を説明する。加工工程としては、図5(a)に示すように、ホーニング加工を行う過程において、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に冷却工程を設けた点については、前記図1(a)の加工工程と同じであるが、この実施例では、荒加工時及び仕上げ加工時それぞれにおいて、上記ホーニングヘッド17を用いた冷却動作を同時に行うようにしてある。

【0044】図5(b)は、前記図1(b)と同様に、シリンダボア3の温度をシリンダボア3の上下方向位置に対応して示したものであり、図5(c)は、前記図1(c)と同様に各工程それぞれにおいてのシリンダボア3の内面形状を示したものである。

【0045】荒加工工程では、前記図1の場合と同様に拡張圧力Pを高めて行うが、この荒加工時に図示しないポンプにより圧送された冷却液は、図示しない冷却液配管及び冷却液導入路を経て冷却液供給溝51に流入し、複数の冷却液供給流路49を通して流出口49bから外部に流出する。流出した冷却液は、回転及び上下動しているホーニングヘッド17とシリンダボア3との間に入り込み、冷却液流路31に保持されつつホーニングヘッド17の回転によってシリンダボア3の全周に行きわたり、シリンダボア3が冷却される。

【0046】この冷却により、図5(b)に示すように、荒加工直後のシリンダボア3の上下方向に沿った温度差は、実線で示すように、破線で示す従来の温度差に比べて極めて小さくなっている。

【0047】このとき、冷却液流路31の流路面積は、冷却液供給流路49の流路面積に比べて充分大きいので、多量の冷却液が冷却液流路31内に存在することになり、この結果シリンダボア3の冷却効果が向上するとともに、発熱が生じる砥石27回りを大流量の冷却液で冷却することが可能となり、加工中の発生熱量の低減が図られる。

【0048】また、冷却液流路31は、砥石27に対しホーニングヘッド17の回転方向前方側に位置し、しかもホーニングヘッド17の外周側が広がっているので、

10

20

30

40

50

冷却液が冷却液流路31の内部に取り込まれやすく、砥石27およびシュール25に対する冷却効果が高い。さらに、砥石27の回転方向後方側は、ホーニングヘッド本体19に接触しているため、砥石27のシュール25への保持が安定化する。

【0049】荒加工終了後の冷却工程では、拡張圧力Pを零もしくは小さくした状態で、図3に示すように、ホーニングヘッド17の上下位置を、ホーニングヘッド17における冷却液流路31の上端が、ガイドリング39の冷却液供給流路49の流出口49bより僅かに上方となるようにする。この状態で、ホーニングヘッド17を矢印B方向にゆっくり回転させ、前述した荒加工時での冷却動作と同様に複数の冷却液供給流路49の流出口49bから外部に流出した冷却液は、ホーニングヘッド17の外周部に供給され、冷却液流路31内に流入する。

【0050】冷却液流路31内に流入した冷却液は、ここで流下しつつ保持されながらホーニングヘッド17の回転によってシリンダボア3の全周に行きわたり、シリンダボア3が全周にわたり均一に冷却される。この冷却工程においても、荒加工工程と同様に、冷却液流路31には多量の冷却液が保持されるので、シリンダボア3の冷却効果がより高いものとなる。

【0051】また、上記冷却工程において、砥石27は冷却液が満たされた冷却液流路31内に位置するので、荒加工後の砥石27の洗浄がなされ、砥石27の目詰まりなどが防止されるといふ利点もある。

【0052】上記冷却工程においても、前記図1(a)の場合と同様に、 $\Delta t \leq 0.01 / (\alpha \times d)$ の関係となるまで冷却することで、次の仕上げ加工における加工精度が向上する。

【0053】冷却後のシリンダボア3の温度分布は、図5(b)に示すように、実線の状態となり、上部側が若干高いが上下方向の温度差がほとんどなくなる。この冷却後の温度分布において、破線は冷却工程がない従来の場合で、一点鎖線は前述した図1の加工方法の場合であり、図1の加工方法での温度分布と比べても、荒加工工程で冷却動作を行った本実施例による加工方法の方が温度差が小さいことがわかる。

【0054】上記冷却後のシリンダボア3の内面形状は、上部側程温度の低下量が顕著であるので、これに伴い上部側程収縮量が多く、図5(c)の実線で示すように、上端部付近の直径が小さいものとなる。冷却工程がない従来の場合は前記図1(c)と同様に破線で示すように上下で直径差がほとんどなく、また図1の加工方法での場合は一点鎖線で示すように、冷却による温度低下量が少ない分だけ本実施例のものより上部側の収縮量が小さいものとなっている。

【0055】冷却工程終了後の仕上げ加工工程においても、前記荒加工工程と同様に冷却動作を行う。この仕上げ加工工程では、シリンダボア3の温度分布は、図5

(b)に示すように、その加工直後では、実線で示すように、一点鎖線で示す前記図1の加工方法でのものに比べ、上下での温度差がより少ないものとなっている。破線は冷却工程がない従来のものである。

【0056】このため、仕上げ加工後、シリンダブロック1を放置し、その温度が低下して図5(b)に示すように、温度分布が荒加工前と同様上下方向に沿って均一になっても、シリンダボア3の内面形状は、図5(c)の実線で示すように、上部側の収縮量が他の部位に比較して特に大きくなることはない。このため、シリンダボア3における下端と上端との内径差 t_1 は、前記図1の加工方法での内径差 t_1 に比べても小さいものとなり、小さなテーパ形状で加工精度がより向上したのとなり、シリンダボア3の真円度の誤差もより少なくなる。

【0057】図5の加工方法においても、シリンダボア3の内面とホーニングヘッド5との間に冷却液を供給するという冷却工程を、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に設けるものであり、ホーニングヘッド17及びガイドリング39に、それぞれ冷却液流路31及び冷却液供給流路49などを設ける必要があるものの、冷却のための大掛かりな設備などは不要であり、大きなコストアップが伴うこともない。なお、前記図1に示したホーニング加工方法では、冷却工程で、図3に示したような冷却液流路31を備えたホーニングヘッド17を使用することにより、シリンダボア3の冷却効果がより一層向上する。また、前述した各実施例では、シリンダブロックにおけるシリンダボアに対してホーニング加工を行う例を示したが、シリンダボアに限らず、他の円筒内面を有する被加工物にこの発明を適用できる。

30 【0058】

【発明の効果】以上説明してきたように、第1の発明によれば、荒加工工程終了時に、円筒内面を有する被加工物の加工部位によって高温部と低温部とが発生している場合に、この状態で被加工物を冷却工程にて冷却すると、前記高温部と低温部との温度差が小さくなり、冷却後に仕上げ加工を行えば、仕上げ加工直後の被加工物は加工部位による温度差が、冷却しない場合に比べて小さくなり、このため、放置後、温度が下がった状態での収縮量も全体で大きな差は発生せず、円筒内面の真円度の誤差が小さいものとなって加工精度が向上したものとなる。また、この場合、円筒内面を有する被加工物を冷却するための冷却工程を、荒加工工程と仕上げ加工工程との間に設けるだけであるので、冷却のための大掛かりな設備などは不要であり、大きなコストアップが伴うこともない。

【0059】第2の発明によれば、荒加工後、高温部と低温部との温度差 Δt が、 $0.01 / (\alpha \times d)$ 以下となるまで冷却することにより、仕上げ加工前の熱膨張が所定値以下に抑えられ、その分仕上げ加工での加工精度を向上させることができる。

【0060】第3の発明によれば、砥石とホーニングヘッド本体との間の冷却液流路に冷却液を供給することで、冷却液は冷却液流路内に保持され、この状態でホーニングヘッドを回転させることで、冷却液流路内の冷却液は円筒内面全体に行きわたって円筒内面の温度差を低減できるとともに、発熱が生じる砥石回りを冷却液にて強制的に冷却でき、加工中の熱発生を低減させることができる。

【0061】第4の発明によれば、冷却液流路は、砥石に対しホーニングヘッドの回転方向前方側に位置しているため、供給された冷却液は冷却液流路の内部まで取り込み、また砥石の冷却液流路と反対側の部位はホーニングヘッド本体に接触しているため、砥石の保持を安定化させることができる。

【0062】第5の発明によれば、ホーニングヘッドにおける冷却液流路の通路断面積は、冷却液供給流路の通路断面積に比べて充分大きいので、冷却液流路内には多量の冷却液が保持されることになり、円筒内面及び砥石に対する冷却効果がより高いものとなる。

【0063】第6の発明によれば、荒加工工程終了時に、円筒内面の加工部位によって高温部と低温部とが発生している場合に、冷却工程にて、冷却液流路を備えたホーニングヘッドを用いて円筒内面を冷却すると、加工部位による円筒内面の温度差がより小さくなり、加工精度もより向上させることができる。

【0064】第7の発明によれば、冷却工程において、冷却液供給流路から流出してホーニングヘッドの冷却液流路に流入した冷却液は、ホーニングヘッドの回転により円筒内面の全体に行き渡り、円筒内面を効果的に冷却できるとともに、冷却液流路内の冷却液により砥石が洗

浄され、砥石の目詰まりなどを防止することができる。

【0065】第8の発明によれば、荒加工工程に、冷却液流路を備えたホーニングヘッドを用いて冷却を行うと、円筒内面を効果的に冷却できると同時に、発熱が生じる砥石回りを多量の冷却液にて冷却することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)はこの発明の一実施例を示すホーニング加工方法の加工工程図、(b)はこの加工方法でのシリンダボアの温度分布図、(c)はこの加工方法でのシリンダボア形状図である。

【図2】図1の加工方法にてシリンダボアにホーニング加工を行う状態を示す説明図である。

【図3】図1の加工方法における冷却工程での冷却効率を向上させるようにしたホーニングヘッドの構造を示す縦断面図である。

【図4】図3のA-A断面図である。

【図5】(a)はこの発明の他の実施例を示すホーニング加工方法の加工工程図、(b)はこの加工方法でのシリンダボアの温度分布図、(c)はこの加工方法でのシリンダボア形状図である。

【符号の説明】

3 シリンダボア（円筒内面）

5, 17 ホーニングヘッド

11, 27 砥石

19 ホーニングヘッド本体

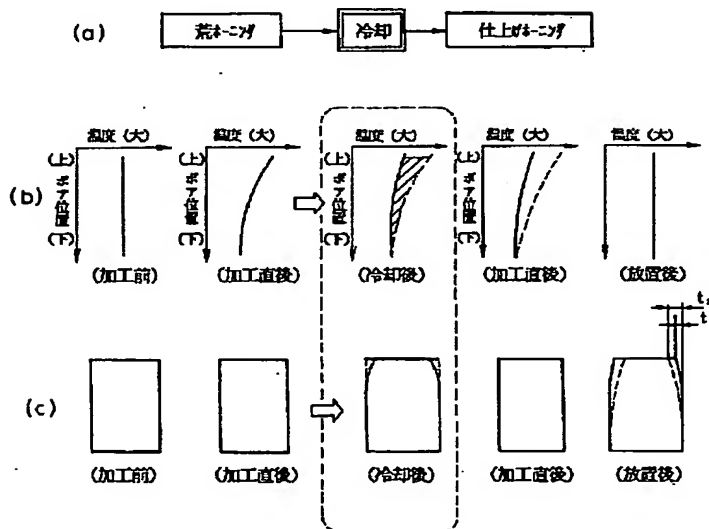
31 冷却液流路

39 ガイドリング

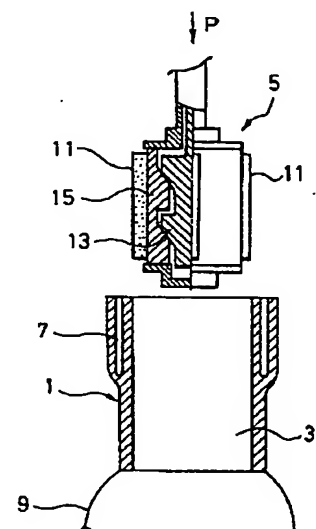
49 冷却液供給流路

49b 流出口

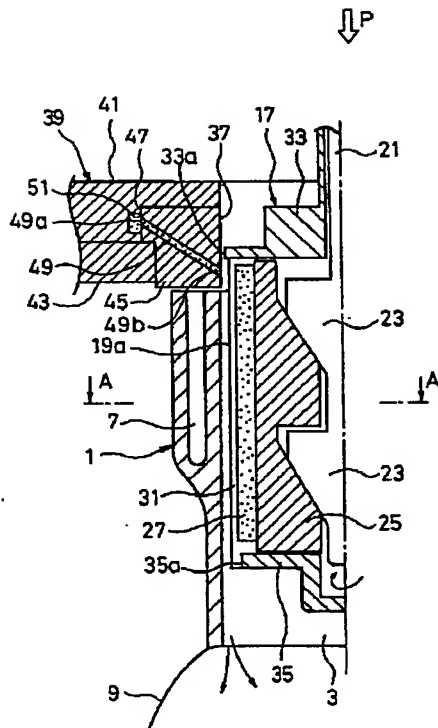
【図1】



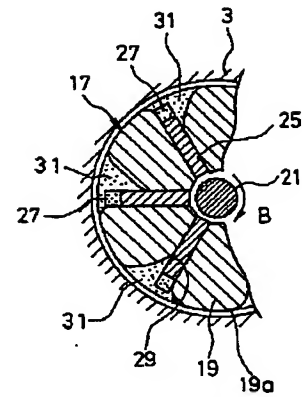
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

